

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004年2月19日 (19.02.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/015724 A1

- (51) 国際特許分類: H01F 1/26, 27/24
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/008730
(22) 国際出願日: 2003年7月9日 (09.07.2003)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願2002-229712 2002年8月7日 (07.08.2002) JP
特願2002-229713 2002年8月7日 (07.08.2002) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日立粉末冶金株式会社 (HITACHI POWDERED METALS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒270-2295 千葉県松戸市稔台520番地 Chiba (JP). 株式会社デンソー (DENSO

CORPORATION) [JP/JP]; 〒448-8661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).

(72) 発明者; および

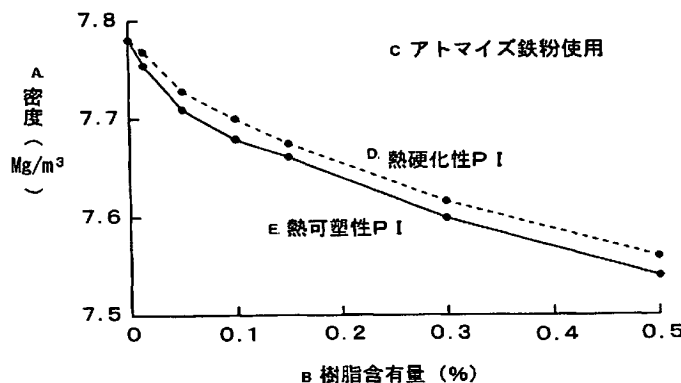
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石井 啓 (ISHII, Kei) [JP/JP]; 〒277-0923 千葉県東葛飾郡沼南町塚崎三丁目9-8 Chiba (JP). 高田 民夫 (TAKADA, Tamio) [JP/JP]; 〒277-0054 千葉県柏市南増尾四丁目4-16 Chiba (JP). 牧野 功 (MAKINO, Isao) [JP/JP]; 〒472-0022 愛知県知立市山屋敷町向田15-18 Aichi (JP). 清水 真樹 (SHIMIZU, Masaki) [JP/JP]; 〒464-0067 愛知県名古屋市中千種区池下1丁目9-16-902 Aichi (JP).

(74) 代理人: 前島 肇 (MAEJIMA, Hajime); 〒110-0005 東京都台東区上野7丁目10番8号 図師ビル Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: DUST CORE AND PROCESS FOR PRODUCING THE SAME

(54) 発明の名称: 圧粉磁心及びその製造方法



A...DENSITY
B...RESIN CONTENT
C...ATOMIZED IRON POWDER USED
D...THERMOSETTING PI
E...THERMOPLASTIC PI

(57) Abstract: A dust core produced by compression molding of a powder mixture consisting of an iron powder comprising atomized iron powder and reduced iron powder and a resin powder selected from among thermosetting polyimide resin powder, thermosetting polyimide resin powder mixed with polytetrafluoroethylene powder, thermoplastic polyimide resin powder and thermoplastic polyimide resin powder mixed with polytetrafluoroethylene powder, namely, compression molding of an iron powder combined with an insulating binder resin and heating the compression molding product. The dust core creates increased magnetic flux density, reduces iron loss, and is free from cracking or fracture at the time of cutting or drilling operation.

(57) 要約: アトマイズ鉄粉及び還元鉄粉からなる鉄粉と、熱硬化性ポリイミド樹脂粉末、熱硬化性ポリイミド樹脂粉末及びポリテトラフルオロエチレン粉末、熱可塑性ポリイミド樹脂粉末、ならびに熱可塑性ポリイミ

[続葉有]



(81) 指定国 (国内): CN, US.

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

ド樹脂粉末及びポリテトラフルオロエチレン粉末のいずれかである樹脂粉末を加えた粉末混合物を圧縮成形することにより、絶縁性の結合樹脂を混合した鉄粉を圧縮成形し、加熱処理して作られる圧粉磁心において、より高い磁束密度を生じ、かつ鉄損が低く、しかも切削加工やドリル孔開け加工を行う場合に、割れや欠損を生じない圧粉磁心を提供する。

明細書

圧粉磁心及びその製造方法

5 技術分野

この発明は、圧粉磁心及びその製造方法に関する。

背景技術

モータの鉄心やトランスのコア用として、磁性粒子を高純度の鉄粉とした圧粉
10 磁心は、比較的高い磁束密度で鉄損が低いことが知られている。

このような圧粉磁心は、絶縁性の結合樹脂を混合した鉄粉を圧縮成形し、加熱
処理して作られ、孔開け加工やねじ加工を施すことがある。

磁束密度は圧粉磁心の密度に依存するので、鉄粉としてはより高い密度の製品
が得られるアトマイズ鉄粉が用いられる。この鉄粉の表面には、圧粉磁心の鉄損
15 を低くするため、燐酸化合物の被膜が施されている。このような鉄粉としては、
例えばヘガネス社製の商品名「S o m a l o y 5 0 0」を挙げることができる。

絶縁性の結合樹脂としては、熱硬化性フェノール、熱可塑性ポリアミド、エポ
キシ、ポリイミド、ポリフェニレンサルファイド（P P S）等各種の樹脂が提案
がされている。

20 このような圧粉磁心は、比較的高い周波数で使用されるので、より高い磁束密
度を生じ、かつ、できるだけ鉄損が低いものの要求が高まっている。また、従来
の圧粉磁心は、切削加工やドリル孔開け加工を行う場合に、割れや欠損を生じ易
いことも解決すべき課題となっている。

これらの課題を解消すべく検討を重ねた結果、鉄粉及び結合樹脂の選定やそれ
25 らの添加量等を工夫することにより上記の課題を解決できるとの知見を得るに至
り、本発明を完成した。

発明の開示

以下、本発明について詳細に説明する。

本発明の第 1 は、鉄粉と樹脂粉の混合物を圧縮成形した圧粉磁心において、前記鉄粉はアトマイズ鉄粉及び還元鉄粉からなり、前記樹脂粉は、熱硬化性ポリイミド樹脂（以下、熱硬化性 P I という）粉末、熱硬化性ポリイミド樹脂粉末及びポリテトラフルオロエチレン粉末、熱可塑性ポリイミド樹脂（以下、熱可塑性 P I という）粉末、ならびに熱可塑性ポリイミド樹脂粉末及びポリテトラフルオロエチレン粉末のいずれかであることを特徴とする。

本発明の第 2 は、前記鉄粉と樹脂粉の混合物を圧縮成形した圧粉磁心において、還元鉄粉が鉄粉質量の 5 ～ 70 質量%であり、樹脂粉が熱硬化性ポリイミド樹脂粉末で、その含有量が全質量の 0.01 ～ 0.15 質量%であることを特徴とする。

本発明の第 3 は、前記鉄粉と樹脂粉の混合物を圧縮成形した圧粉磁心において、還元鉄粉が鉄粉質量の 5 ～ 70 質量%であり、樹脂粉が熱硬化性ポリイミド樹脂粉末及びポリテトラフルオロエチレン粉末で、樹脂粉の含有量が全質量の 0.01 ～ 0.15 質量%であることを特徴とする。

本発明の第 4 は、前記鉄粉と樹脂粉の混合物を圧縮成形した圧粉磁心において、還元鉄粉が鉄粉質量の 5 ～ 50 質量%であり、樹脂粉が熱可塑性ポリイミドでその含有量が全質量の 0.3 質量%以下であることを特徴とする。

本発明の第 5 は、前記鉄粉と樹脂粉の混合物を圧縮成形した圧粉磁心において、還元鉄粉が鉄粉質量の 5 ～ 50 質量%であり、樹脂粉が熱可塑性ポリイミド及びポリテトラフルオロエチレン粉末で、これら樹脂粉の合計含有量が全質量の 0.3 質量%以下であることを特徴とする。

本発明の第 6 は、前記圧粉磁心の製造方法に関し、燐酸化合物被膜を表面に施したアトマイズ鉄粉及び還元鉄粉を、前者：後者が 95：5 から 30：70 質量%の比率で混合し、さらに、熱硬化性ポリイミド樹脂粉末、熱硬化性ポリイミド樹脂粉末及びポリテトラフルオロエチレン粉末、熱可塑性ポリイミド樹脂粉末、ならびに熱可塑性ポリイミド樹脂粉末及びポリテトラフルオロエチレン粉末のいずれかである樹脂粉を加えた粉末混合物を、潤滑剤を塗布した金型で圧縮成形したのち、成形体を加熱処理し、切削加工又は研削加工を施すことを特徴とする。

図面の簡単な説明

第1図はアトマイズ鉄粉を使用した圧粉磁心の樹脂（熱可塑性PIまたは熱硬化性PI）含有量と密度の関係を示すグラフである。

第2図はアトマイズ鉄粉を使用した圧粉磁心の樹脂（熱可塑性PIまたは熱硬化性PI）含有量と圧環強さの関係を示すグラフである。

第3図はアトマイズ鉄粉を使用した圧粉磁心の樹脂（熱可塑性PIまたは熱硬化性PI）含有量と磁束密度の関係を示すグラフである。

第4図はアトマイズ鉄粉を使用した圧粉磁心の樹脂（熱可塑性PIまたは熱硬化性PI）含有量と鉄損の関係を示すグラフである。

第5図はアトマイズ鉄粉のみあるいはアトマイズ鉄粉と還元鉄粉を共用した圧粉磁心の還元鉄粉量と密度の関係を示すグラフである。

第6図はアトマイズ鉄粉のみあるいはアトマイズ鉄粉と還元鉄粉を共用した圧粉磁心の還元鉄粉量と圧環強さの関係を示すグラフである。

第7図はアトマイズ鉄粉のみあるいはアトマイズ鉄粉と還元鉄粉を共用した圧粉磁心の還元鉄粉量と磁束密度の関係を示すグラフである。

第8図はアトマイズ鉄粉のみあるいはアトマイズ鉄粉と還元鉄粉を共用した圧粉磁心の還元鉄粉量と鉄損の関係を示すグラフである。

第9図は還元鉄粉の含有量と熱硬化性PIの含有量を変化させた圧粉磁心の還元鉄粉量と密度の関係を示すグラフである。

第10図は還元鉄粉の含有量と熱硬化性PIの含有量を変化させた圧粉磁心の還元鉄粉量と磁束密度の関係を示すグラフである。

第11図は、図9および図10の結果から導かれる圧粉磁心の密度と磁束密度の関係を示すグラフである。

第12図はアトマイズ鉄粉と還元鉄粉を共用し熱硬化性PIの含有量を変化させた圧粉磁心の還元鉄粉量と鉄損の関係を示すグラフである。

第13図はアトマイズ鉄粉と還元鉄粉を共用し、熱硬化性PIのみおよび熱硬化性PIとPTFEを共用した圧粉磁心の還元鉄粉量と密度の関係を示すグラフである。

第14図はアトマイズ鉄粉と還元鉄粉を共用し、熱硬化性PIのみおよび熱硬

化性P IとP T F Eを共用した圧粉磁心の還元鉄粉量と磁束密度の関係を示すグラフである。

第15図はアトマイズ鉄粉と還元鉄粉を共用し、熱硬化性P Iのみおよび熱硬化性P IとP T F Eを共用した圧粉磁心の還元鉄粉量と鉄損の関係を示すグラフ

5 である。

第16図は還元鉄粉及び樹脂（熱可塑性P I）の含有量と密度の関係を示すグラフである。

第17図は還元鉄粉及び樹脂（熱可塑性P I）の含有量と磁束密度の関係を示すグラフである。

10 第18図は還元鉄粉及び樹脂（熱可塑性P I）の含有量と鉄損の関係を示すグラフである。

第19図は還元鉄粉及び樹脂（熱可塑性P I）の含有量と圧環強さの関係を示すグラフである。

15 発明を実施するための最良の形態

次に、以上の発明を実施の形態及び実施例により詳しく説明する。

実験に使用した粉末類、圧粉磁心試料の製作方法及び特性の測定方法は次の通りである。

1. 鉄粉

20 (1) 表面に磷酸系の極薄い絶縁被膜が形成された粒度 $200\mu\text{m}$ 以下のヘガネス社製のアトマイズ鉄粉（商品名「S o m a l o y 500」）

(2) 表面に磷酸系の極薄い絶縁被膜が形成された粒度 $200\mu\text{m}$ 以下のヘガネス社製の還元鉄粉（商品名「P e r m i t e 75」）

2. 樹脂粉末

25 (1) 熱可塑性P I粉末：平均粒径 $20\mu\text{m}$

(2) 熱硬化性P I粉末：平均粒径 $20\mu\text{m}$

(3) P T F E粉末：平均粒径 $5\mu\text{m}$

3. 粉末成形

温度 100°C に加熱した成形金型の内面に成形潤滑剤粉末（物質名：ステアリ

ン酸亜鉛)の5質量%エチルアルコール分散液を塗布し、乾燥した後、加熱した鉄粉及び樹脂粉末の混合粉を充填し、温度:100℃、圧力:1560MPaで圧縮成形した。

4. 成形体の熱処理

- 5 (1) 熱可塑性PIを含む成形体は、窒素ガス中の温度400℃で1時間加熱した。

(2) 熱硬化性PIを含む成形体は、空気中の温度200℃で2時間加熱した。

5. 試料

- 10 熱処理体の内径及び端面を切削加工し、内径10mm、外径23mm、高さ10mmの円筒形状とした。

6. 特性

(1) 磁束密度(T)は、磁場8000A/mにおける測定値である。

(2) 鉄損(kW/m³)は、印加磁束密度0.25T(テスラー)、周波数5kHzにおける測定値である。

- 15 (3) 圧環強さ(MPa)は、JIS Z 2507-1979「焼結含油軸受の圧環強さ試験方法」(ISO 2739「Sintered Metal Bushes - Determination of Radial Crushing Strength」)による。

- (4) 密度(Mg/m³)は、JIS Z 2505-1979「焼結金属材料の焼結密度試験方法」(ISO 2738「Permeable Sintered Metal Materials -
20 Determination of Density, Oil Content and Open Porosity」)による。

1) 熱硬化性PIと熱可塑性PI

- 鉄粉としてアトマイズ鉄粉および還元鉄粉に樹脂粉として熱可塑性PI粉末および熱硬化性PI粉末を用いて圧粉磁心を製作し両者の比較を行った。鉄損が3
25 000kW/m³以下のものを目標とする場合には熱硬化性PIが適していることがわかったが、3500kW/m³以下程度まで許容される場合には熱可塑性PIを用いるとよいことがわかった。

以下にそれぞれの場合について述べる。

2) 熱硬化性PI

以下、実験により得られた特性グラフを参照して説明する。

1. 樹脂の種類と樹脂含有量

第1図から第4図は、アトマイズ鉄粉を使用し、熱可塑性PIと熱硬化性PIの含有量を変えた場合の圧粉磁心の特性を示す。

- 5 第1図は、圧粉磁心の密度を示し、樹脂含有量が増加すると密度は低下する。また、熱硬化性PIを使用した方が密度が高い。

第2図は圧粉磁心の圧環強さを示し、樹脂を添加すると圧環強さが低下する。熱可塑性PIの場合、樹脂含有量が増加するとともに圧環強さが低下する。熱硬化性PIの場合は樹脂含有量0.1質量%以上になって圧環強さはほぼ一定を維持する。

- 10 第3図は磁束密度を示し、樹脂含有量が増加すると磁束密度は低下する。熱硬化性PIは低下の程度が少ない。この磁束密度は、第1図に示した密度と相関関係を有する。

- 第4図は鉄損（コアロス）を示し、樹脂の添加により鉄損は大幅に減少し、ある程度の含有量で安定化する。熱硬化性PI添加の方が鉄損が低く、樹脂量0.10質量%以上でその値は安定化する。

以上の実験結果を纏めると次の通りである。

- 20 (1) 熱硬化性PIの方が優れている。熱可塑性PIに比べ、高い密度になり磁束密度の高いものが得られ、鉄損が低く、かつ圧環強さが高いものとなる。

(2) 熱硬化性PIの含有量が少ないほど密度、圧環強さ及び磁束密度の高いものが得られる。

- 25 (3) 鉄損は、熱硬化性PIの含有量が0.1質量%になるまでは、樹脂含有量の増加に伴って急減するが、樹脂含有量が0.15質量%以上では添加量の増加による鉄損の低下は起こらない。

(4) また、熱硬化性PIの含有量が増加すると密度、圧環強さ及び磁束密度が低くなるので、熱硬化性PIの含有量は少ない方がよいことが分かる。

なお、切削加工した圧粉磁心の試料をみると、樹脂の種類及びその含有量に拘らず、切削面が粗く、角部の一部に小さな欠損を生じるものがあり、改善が必要

である。

2. アトマイズ鉄粉と還元鉄粉を用いた圧粉磁心の特性

前記のように、アトマイズ鉄粉を用いた圧粉磁心の切削加工性が好ましくないのは、鉄粉の粒子が切削加工により脱落し易い状態になっているためと考えられる。それは、アトマイズ鉄粉は表面の凹凸が少ない形状で比表面積が比較的少ないためである。

- 5 比較的に比表面積が大きい還元鉄粉を用いて、同様に製作した圧粉磁心を切削加工した実験では、加工面が良好なものとなる。ただし、還元鉄粉を用いると、粉末の圧縮性が比較的悪いため、高い密度の圧粉磁心を製作することが困難で、
- 10 高い磁束密度が得られ難くなる。

このような知見をもとに、アトマイズ鉄粉と還元鉄粉の混合物としたとき、磁束密度、鉄損、切削加工性のそれぞれに及ぼす効果について検討する。

- 第5図～第8図は、結合樹脂の熱硬化性PI及び熱可塑性PIを全質量の0.1%とし、アトマイズ鉄粉のみ（すなわち図上還元鉄粉＝0%）およびアトマイズ鉄粉と還元鉄粉の1：1（質量）の混合物の両方により製作した圧粉磁心の特性を示す。
- 15

第5図は密度を示し、還元鉄粉を含むものはアトマイズ鉄粉のみの場合と比較して密度が低い。熱硬化性PIを添加したものは、還元鉄粉を含む場合に密度の低下が大きくなる性質がある。

- 20 第6図は圧環強さを示し、還元鉄粉を含むものは圧環強さが高い。また、熱硬化性PIを用いたものは、還元鉄粉を含むものでは圧環強さの上昇の程度は低い。

第7図は磁束密度を示し、還元鉄粉を含むものは磁束密度が低い。また、熱硬化性PIを用いたものは還元鉄粉を含むものでは磁束密度の低下量大きい。

- 25 第8図は鉄損を示し、還元鉄粉を含むものは鉄損が高い。還元鉄粉を含む熱可塑性PIの試料は鉄損が著しく高くなるが、熱硬化性PIを用いたものはアトマイズ鉄粉だけの試料でも鉄損が低く、還元鉄粉の含有量が増加しても鉄損はほとんど上昇しない。すなわち、熱硬化性PIは還元鉄粉を含むものと組合せても鉄損はほとんど上昇しない。

切削加工性は、還元鉄粉を含むものは明らかに優れている。

以上のアトマイズ鉄粉に還元鉄粉を混合した場合の実験結果を取り纏めると次の通りである。

- (1) 還元鉄粉を含むものは、アトマイズ鉄粉だけのものに比べて、圧縮性が悪く、密度が低くなるために磁束密度が低くなる。
- (2) 還元鉄粉を含むものは圧環強さが高くなる。
- (3) 還元鉄粉を含むものの場合、熱可塑性 P I よりも熱硬化性 P I を含むものの方が鉄損が少ない。
- (4) 還元鉄粉の添加により切削加工性は著しく改善される。
- (5) 上記のことから、還元鉄粉を含むものは、アトマイズ鉄粉だけのものと比較して密度が低く磁束密度が低くなるが、熱硬化性 P I を添加することにより鉄損が低いものとなり、また、切削加工性が明らかに優れており、切削加工が必要な圧粉磁心に適している。

3. アトマイズ鉄粉と還元鉄粉の混合量及び熱硬化性 P I 添加量の効果

- 前記の結果を基に、アトマイズ鉄粉と還元鉄粉の混合割合、及び熱硬化性 P I 含有量の効果を更に詳細に調べ、好適な組合せを検討する。

第 9 図～第 12 図は還元鉄粉の含有量及び熱硬化性 P I の含有量が異なる圧粉磁心の特性値である。

- 第 9 図は密度を示し、還元鉄粉が増加し、あるいは熱硬化性 P I 樹脂含有量が増加すると密度が低くなる。

第 10 図は磁束密度を示し、第 9 図に示した密度の傾向と同様に、還元鉄粉が増加し、あるいは熱硬化性 P I 樹脂含有量が増加すると値は低くなる。

- 第 9 図及び第 10 図から導かれる密度と磁束密度の関係は第 11 図に示すとおりである。熱硬化性 P I 樹脂量及び還元鉄粉の量にかかわらず、密度と磁束密度とは相関関係を有する。このグラフでは、磁束密度を (B)、密度を (d) とすると、およそ $B = 1.7 d - 11.14$ となる。

第 12 図は鉄損を示し、還元鉄粉量の増加に伴い鉄損は上昇する。熱硬化性 P I 樹脂の含有量は 0.10～0.30 質量%の範囲では殆ど同じ特性を示すが、0.05 質量%以下では鉄損が高くなる。

切削加工面は、熱硬化性 P I 樹脂の含有量にかかわらず、還元鉄粉の量が 5 質量%で効果が認められ、還元鉄粉の増加と共により良好な面が得られる。

以上の実験結果を纏めると次の通りである。

- 5 (1) 熱硬化性 P I の含有量が 0.15 質量%以下で、還元鉄粉の量が 50 質量%以下のとき、磁束密度 1.8 T 以上になる。磁束密度 1.8 T は、鉄粉がアトマイズ鉄粉で樹脂としてポリフェニレンサルファイド 0.3 質量%を含有する圧粉磁心の磁束密度が約 1.7 T であることから、これと比較すると高い水準であると言える。

- 10 (2) また、前記の比較対象とした圧粉磁心の磁束密度より高い 1.75 T 以上を目標値とすると、熱硬化性 P I の含有量が 0.15 質量%以下で、還元鉄粉の含有量が 70 質量%以下のときに達成される。

(3) 鉄損 3000 kW/m^3 以下を目標としたとき、熱硬化性 P I の含有量が 0.10 質量%以上で、還元鉄粉の量が 70 質量%以下のときに達成される。

- 15 (4) また、鉄損に特性値の制限を設けなければ、樹脂含有量が少ないものほど磁束密度が高くなり好ましい。

(5) 切削加工した圧粉磁心の表面状態は、還元鉄粉を含有することによって表面の粗さや欠損が改善される。切削加工面の改善が認められるためには還元鉄粉の量が 5 質量%以上であることが必要であり、還元鉄粉を多く含むものほど優

20 れている。

これらのことから、切削性が改善され、磁束密度 1.8 T 以上、および鉄損 3000 kW/m^3 以下の値が得られるような好ましい態様は、還元鉄粉の量が 5 ~ 50 質量%で熱硬化性 P I の含有量が 0.10 ~ 0.15 質量%の範囲である。

- 25 磁束密度 1.75 T 以上とし、鉄損が比較的高くてもよい場合では、還元鉄粉の量が 5 ~ 70 質量%で、熱硬化性 P I の含有量が 0.15 質量%以下で達成することができる。

また、磁束密度がより高く、鉄損が比較的高くてもよい用途では、熱硬化性 P I の含有量で鉄損の低下が認められる 0.01 質量%を最低値とすることができる。この場合、できるだけ磁束密度が高く、鉄損が低いことが好ましいから、還

元鉄粉の含有量は前記のように50質量%を越えないことが望ましいことになる。

4. PTFE添加による粉末の圧縮性向上

前述のように、還元鉄粉の含有によって切削性が改善される反面、粉末の圧縮性がアトマイズ鉄粉の場合より悪くなる結果、磁束密度がより高いものとするため

5 には、粉末の圧縮成形荷重をより高くする必要がある。

そこで、密度を高くすることが容易（圧縮性の向上）で、その結果、磁束密度をより高くなるように、潤滑性粉末の効果を検討する。用いる潤滑性粉末はPTFEである。

第13図～第15図は、樹脂の含有量を0.10質量%及び0.15質量%とし、
10 アトマイズ鉄粉と還元鉄粉の混合割合、及び樹脂を熱硬化性PIのみ及び熱硬化性PIとPTFEとを質量で1:1とした混合物について比較した圧粉磁心の特性である。これらの圧粉磁心は前記実験の場合と同様に製作したものである。加熱処理も熱硬化性PIの場合と同様である。

第13図は密度を示し、熱硬化性PIとPTFEを含むものは、前述の熱硬化
15 性PIのみを含むものより密度が約0.02Mg/m³高い。

第14図は磁束密度を示し、熱硬化性PIとPTFEの混合物を用いたものは密度が上昇したことに伴って高くなっている。還元鉄粉の量が70質量%、熱硬化性PIとPTFEの混合物の含有量が0.10質量%においても磁束密度1.8Tを越えている。

第15図は鉄損を示し、熱硬化性PIとPTFEの混合物を用いたものは、熱
20 硬化性PIだけのものより少し高くなっている。還元鉄粉の量が70質量%、熱硬化性PIとPTFEの混合物の量が0.10質量%の場合でも鉄損3000kW/m³以下である。

25 以上の実験結果を纏めると次の通りである。

(1) 熱硬化性PIの添加量の一部をPTFEに置き換えると、粉末の圧縮性が向上して、高い密度のものを得ることができる結果、磁束密度の高い磁心を得ることができる。従って還元鉄粉の含有量を多くすることが可能である。PTFEの含有によって粉末成形の際の鉄粉末の摩擦及び金型壁面と鉄粉末との摩擦が

低下していることを示している。

(2) P T F E は、熱硬化性 P I による鉄損を僅かに高めるが、P T F E の含有量 0.10 質量% の場合、還元鉄粉の量が 70 質量% でも鉄損 3000 kW/m³ 以下が達成できる。

- 5 これらのことから、前記の熱硬化性 P I の含有量 0.01 ~ 0.15 質量%、好ましくは 0.10 ~ 0.15 質量% の一部を P T F E に置換した圧粉磁心は、密度が高く磁束密度が高いものとなり、熱硬化性 P I 樹脂量及び還元鉄粉量ともに多い状態である樹脂の含有量が 0.15 質量%、還元鉄粉の含有量が 70 質量% の場合でも磁束密度がより高く、鉄損が低い圧粉磁心となる。

10 5. P T F E 含有圧粉磁心の製造方法

このように、P T F E を含有するものは、混合粉末の圧縮性を改善して高い磁束密度の圧粉磁心の製作を容易にすることができる。

前記実験結果の説明では、熱硬化性 P I と P T F E の割合は質量で 1 : 1 としたが、還元鉄粉の含有量に応じて鉄損を満足するように、例えば 3 : 1 としたり、

- 15 1 : 3 にすることができる。

P T F E は熱硬化性 P I の場合よりも鉄損を大きくするので、P T F E は樹脂含有量の 3 / 4 以下とすることが望ましい。

- 20 P T F E を含有させた場合、成形体の加熱処理は熱硬化性 P I に適する処理温度 150 ~ 250 °C、好ましくは 200 °C で行われる。P T F E が軟化又は熔融するような高い温度では、熱硬化性 P I が変質し、絶縁性が損なわれて鉄損が大きくなる。これらのことから 150 ~ 250 °C で行う。

- 25 以上、説明したように、磁性粒子をアトマイズ鉄粉と還元鉄粉の両方とすることにより圧粉磁心の切削加工面が良好になり、その場合、樹脂が熱硬化性 P I であると磁束密度及び鉄損が優れたものとなる。また、熱硬化性 P I の一部を P T F E で置換して含有するものは、粉末の圧縮性が改善され、磁束密度の高い圧粉磁心となる。

樹脂が熱硬化性 P I の場合は、樹脂含有量は 0.01 ~ 0.15 質量%、より好ましくは 0.10 ~ 0.15 質量% で、アトマイズ鉄粉と還元鉄粉の割合は 95 : 5 ~ 30 : 70 の範囲のときに良好な磁性特性となる。

樹脂が熱硬化性 P I 及び P T F E の場合は、樹脂含有量が合計で 0.01 ~ 0.15 質量%、より好ましくは 0.10 ~ 0.15 質量%であり、好ましくは P T F E を樹脂の 3/4 以下にしたうえで、アトマイズ鉄粉と還元鉄粉の割合は 95 : 5 ~ 30 : 70 の範囲のときに良好な磁性特性となる。

5 3) 熱可塑性 P I

以下の実験は既に得られた下記のような知見を応用したものである。

(1) アトマイズ鉄粉を用いた圧粉磁心が切削加工性に課題があるのは、アトマイズ鉄粉の粉末の比表面積が比較的小さいため、切削したとき鉄粉粒子の脱落が容易であるためと考えられる。

10 (2) 還元鉄粉を用い、同様に製作した圧粉磁心を切削加工した加工面はきれいなものとなる。ただし、還元鉄粉を用いると、圧縮性が比較的悪いため、圧粉磁心の磁束密度が劣る。

(3) 結合樹脂は、P P S や熱可塑性 P I を用いると密度が高く磁束密度の高い圧粉磁心となるが、より鉄粒子間の絶縁性が良く鉄損がより低いものは熱可塑性 P I である。

15 (4) 結合樹脂の含有量が多いほど鉄損が低くなるが、全質量において 0.3 質量%を越えると高い密度が得られ難くなり、従って高い磁束密度が得られ難くなる。

このような知見をもとに、アトマイズ鉄粉と還元鉄粉の混合物と結合樹脂との
20 組合せにおいて、磁束密度、鉄損、切削加工性のそれぞれの好適な条件を実験結果をもとにして検討する。

以下、特性グラフにより説明する。第 16 図から第 19 図は、鉄粉としてアトマイズ鉄粉のみと、アトマイズ鉄粉と還元鉄粉の混合割合を変化させたもの、及び樹脂として熱可塑性 P I 粉末を用いて樹脂含有量を変化させた組合せで作られた圧粉磁心の各種特性を示したものである。

25 まず、第 16 図は圧粉磁心の密度で、第 9 図の熱硬化性 P I を熱可塑性 P I に置き換えたものに相当するが、やはり還元鉄粉の量が増加すると密度が低くなり、熱可塑性 P I 樹脂含有量が増加すると密度が低くなる。

また、第 17 図は圧粉磁心の磁束密度で、第 16 図に示す密度と同様に、還元

鉄粉の量が増加し、かつ熱可塑性 P I 樹脂含有量が増加すると磁束密度が低くなる。密度と磁束密度とは、樹脂量及び還元鉄粉の量にかかわらず、相関関係があり、図 16 と図 17 のデータから密度 7.52 Mg/m^3 のとき磁束密度 1.60 T 、密度が 7.55 Mg/m^3 のとき磁束密度が 1.7 T 、密度が 7.60 Mg/m^3 のとき磁束密度 1.79 T となっている。また、還元鉄粉が 50 質量%以下において、樹脂含有量が 0.15 質量%以下のとき磁束密度が 1.8 T 以上、樹脂含有量が 0.3 質量%以下のとき磁束密度が 1.65 T 以上を示している。

これと比較する従来の圧粉磁心として、鉄粉がアトマイズ鉄粉で、樹脂が P P S で 0.3 質量%含有するものの場合、磁束密度が大略 1.7 T 程度である。樹脂が熱可塑性 P I では、第 17 図の還元鉄粉の量が 0 質量%で樹脂量 0.3 質量%の磁束密度が 1.79 T であるから、樹脂が熱可塑性 P I の方が優れていることが分かる。

磁束密度の高い圧粉磁心を得るには、熱可塑性 P I 樹脂の含有量が少なく、還元鉄粉の含有量が少ないものとすればよいことが分かる。

次に、第 18 図は圧粉磁心の鉄損で、還元鉄粉の含有量が増加すると鉄損が高くなる。一方、樹脂量が多いほど鉄損が低くなり好ましい。樹脂量は 0.3 質量%を越えて含有していても鉄損は僅かに低下するだけである。

また、より一層低い鉄損を目標にする場合は、第 18 図から次の領域にすればよいことが分かる。例えば、鉄損が約 3500 kW/m^3 以下のものを得るには、

還元鉄粉の量が 10 質量%では熱可塑性 P I 樹脂含有量が約 0.08 質量%以上、還元鉄粉の量が 20 質量%では樹脂含有量が約 0.125 質量%以上、還元鉄粉の量が 30 質量%では樹脂含有量が約 0.15 質量%以上の領域にある含有量の組合せにすればよい。換言すると、鉄粉はアトマイズ鉄粉と還元鉄粉との混合物で還元鉄粉が鉄粉質量の 30 質量%以下とし、そして、熱可塑性 P I は、全質量に占める含有量が 0.3 質量%以下で、且つ還元鉄粉量 10 質量%のとき樹脂含有量 0.08 質量%及び還元鉄粉量が 30 質量%のとき樹脂含有量 0.15 質量%である比例関係から求められる樹脂含有量より多い樹脂含有量にすることである。

第 19 図は圧粉磁心の圧環強さである。還元鉄粉の含有量が増加すると圧環強さが向上する。一方、熱可塑性 P I 樹脂含有量が多いと圧環強さが低くなる。

次に、旋盤により切削加工した圧粉磁心の外観を観察した結果は、還元鉄粉の含有量が5質量%以上で切削面が改善され、還元鉄粉が多くなるほど加工面がきれいになり欠けの発生が無くなる。

5 以上の結果を取り纏めると次の通りである。

(1) アトマイズ鉄粉に還元鉄粉が混合されたものは、圧環強さが高く、切削加工による欠損がなくなり、還元鉄粉の量が5質量%以上で効果がある。

(2) 樹脂粉は、熱可塑性PIを用いると磁束密度が高いものとなる。

10 (3) 磁束密度は、還元鉄粉量が50質量%以下で、熱可塑性PI樹脂含有量が0.15質量%以下のとき、磁束密度を1.8T以上、樹脂含有量が0.3質量%以下のとき、磁束密度を1.65T以上が得られる。後者の磁束密度は、アトマイズ鉄粉とPPSからなる圧粉磁心より約3%程度低いが、還元鉄粉の含有によって切削加工性がよい特長を兼ね備えている。

15 (4) 鉄損は、還元鉄粉の含有量が少なく、熱可塑性PI樹脂の含有量が多いものが低い値を示す。樹脂の含有量を0.3質量%より多くしても効果が伴わない。

(5) これらのことから、鉄粉がアトマイズ鉄粉及び還元鉄粉、樹脂が熱可塑性PIであって、還元鉄粉が鉄粉質量の5～50質量%、熱可塑性PIが全質量の0.3質量%以下となっていることが好ましい。

20 次に、前記の圧粉磁心より高い密度が得られ、鉄損が低い圧粉磁心について説明する。

25 混合粉を圧縮成形するときの鉄粉粒子同士の摩擦を改善すると高い密度を得ることが容易になり、磁束密度をより高いものとすることができる訳であるが、このような粉末成形潤滑剤としては雲母、黒鉛、二硫化モリブデン、PTFEが知られている。ここで樹脂系材料としてのPTFEを検討する。

実験方法は、前述のアトマイズ鉄粉と還元鉄粉の両方及び熱可塑性PIを含む圧粉磁心の熱可塑性PIの含有量の半分をPTFEで置き換えた圧粉磁心を前記と同様な手順と方法で製作して特性を調べ、PTFEを含まないものと比較する。還元鉄粉の含有量を10質量%及び30質量%とし、樹脂含有量は0.15質量%

とした場合の結果を表 1 に示す。

PTFE を含むと、混合粉の圧縮性が良くなり、密度が 0.01 Mg/m^3 高くなる結果、磁束密度が 0.02 T 高くなっている。換言すると、圧縮成形の圧力を低くする選択肢が増えることにもなる。また、鉄損が僅かに低くなっており、このことは PTFE が熱可塑性 PI と比較して絶縁性がよいことを表している。

前記の説明では、熱可塑性 PI と PTFE の割合は質量で 1 : 1 としたが、密度を高くし鉄損を低くする効果があるので例えば 3 : 1 としたり、1 : 3 にすることができる。

表 1

| PTFE の有無 | PTFE 含有 | | PTFE 無し | |
|------------------------|---------|------|---------|------|
| 還元鉄粉量 (質量%) | 10 | 30 | 10 | 30 |
| 密度 (Mg/m^3) | 7.66 | 7.64 | 7.65 | 7.63 |
| 磁束密度 (T) | 1.89 | 1.85 | 1.87 | 1.83 |
| 鉄損 (kW/m^3) | 3050 | 3350 | 3100 | 3500 |

産業上の利用可能性

この発明によれば、圧粉磁心の切削加工性が良好であるから、複雑な形状あるいは寸法精度が必要な圧粉磁心部品を切削加工して仕上げるような場合に特に好適である。しかも高い磁束密度で鉄損の低いものを提供することができるので、圧粉磁心の小型化や消費電力が少ない圧粉磁心を用いた電磁製品に適用することができる。

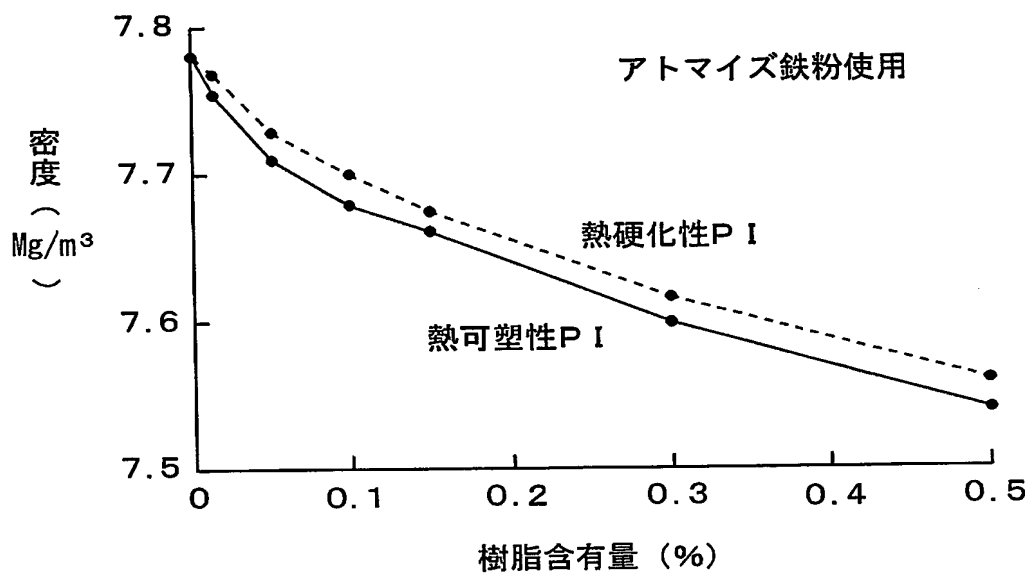
請 求 の 範 囲

1. 鉄粉と樹脂粉の混合物を圧縮成形した圧粉磁心において、前記鉄粉はアト
5 マイズ鉄粉及び還元鉄粉からなり、前記樹脂粉は、熱硬化性ポリイミド樹脂粉末、
熱硬化性ポリイミド樹脂粉末及びポリテトラフルオロエチレン粉末、熱可塑性ポ
リイミド樹脂粉末、ならびに熱可塑性ポリイミド樹脂粉末及びポリテトラフルオ
ロエチレン粉末のいずれかであることを特徴とする圧粉磁心。
2. 前記鉄粉と樹脂粉の混合物を圧縮成形した圧粉磁心において、還元鉄粉が
10 鉄粉質量の5～70質量%であり、樹脂粉が熱硬化性ポリイミド樹脂粉末で、そ
の含有量が全質量の0.01～0.15質量%であることを特徴とする請求項1に
記載の圧粉磁心。
3. 前記鉄粉と樹脂粉の混合物を圧縮成形した圧粉磁心において、還元鉄粉が
鉄粉質量の5～70質量%であり、樹脂粉が熱硬化性ポリイミド樹脂粉末及びポ
15 リテトラフルオロエチレン粉末で、樹脂粉の含有量が全質量の0.01～0.15
質量%であることを特徴とする請求項1に記載の圧粉磁心。
4. 前記鉄粉と樹脂粉の混合物を圧縮成形した圧粉磁心において、還元鉄粉が
鉄粉質量の5～50質量%であり、樹脂粉が熱可塑性ポリイミドでその含有量が
全質量の0.3質量%以下であることを特徴とする請求項1に記載の圧粉磁心。
- 20 5. 前記鉄粉と樹脂粉の混合物を圧縮成形した圧粉磁心において、還元鉄粉が
鉄粉質量の5～50質量%であり、樹脂粉が熱可塑性ポリイミド及びポリテトラ
フルオロエチレン粉末で、これら樹脂粉の合計含有量が全質量の0.3質量%以下
であることを特徴とする請求項1に記載の圧粉磁心。
6. 燐酸化合物被膜を表面に施したアトマイズ鉄粉及び還元鉄粉を、前者：後
25 者が95：5から30：70質量%の比率で混合し、さらに、熱硬化性ポリイミ
ド樹脂粉末、又は熱硬化性ポリイミド樹脂粉末及びポリテトラフルオロエチレン
粉末、熱可塑性ポリイミド樹脂粉末、ならびに熱可塑性ポリイミド樹脂粉末及び
ポリテトラフルオロエチレン粉末のいずれかである樹脂粉を加えた粉末混合物を、
潤滑剤を塗布した金型で圧縮成形したのち、成形体を加熱処理し、切削加工又は

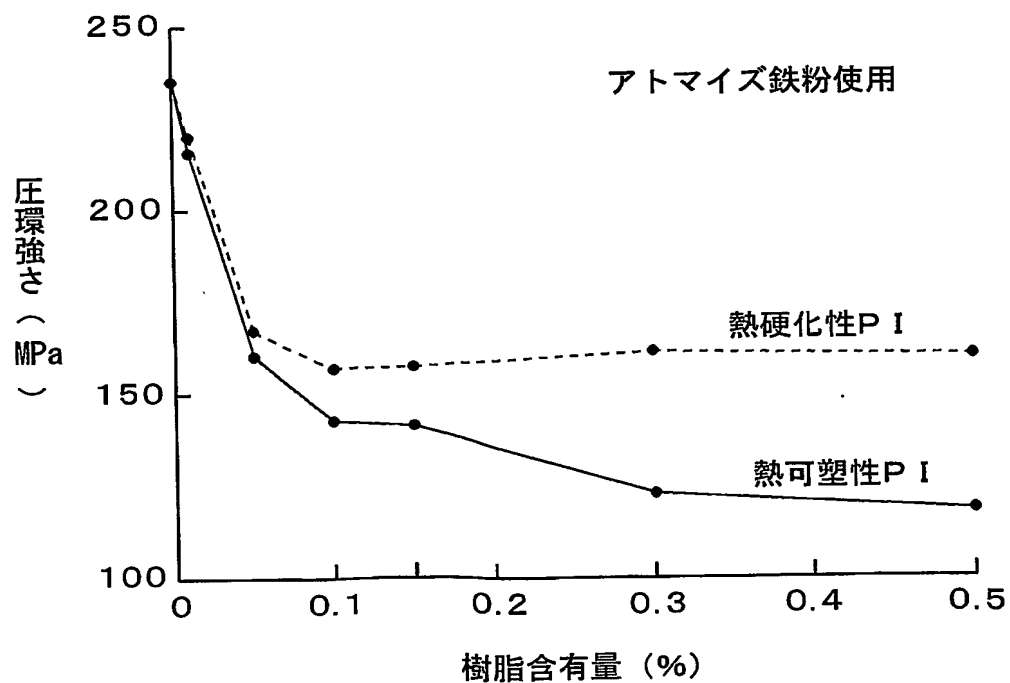
研削加工を施すことを特徴とする圧粉磁心の製造方法。

1/10

第 1 図

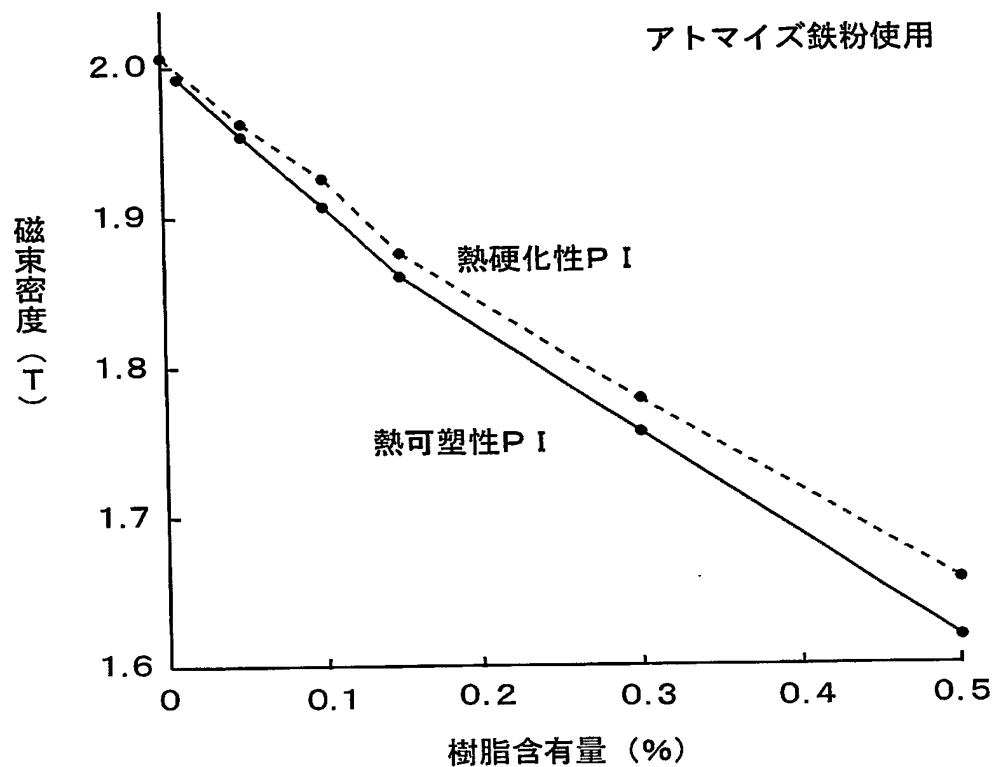


第 2 図

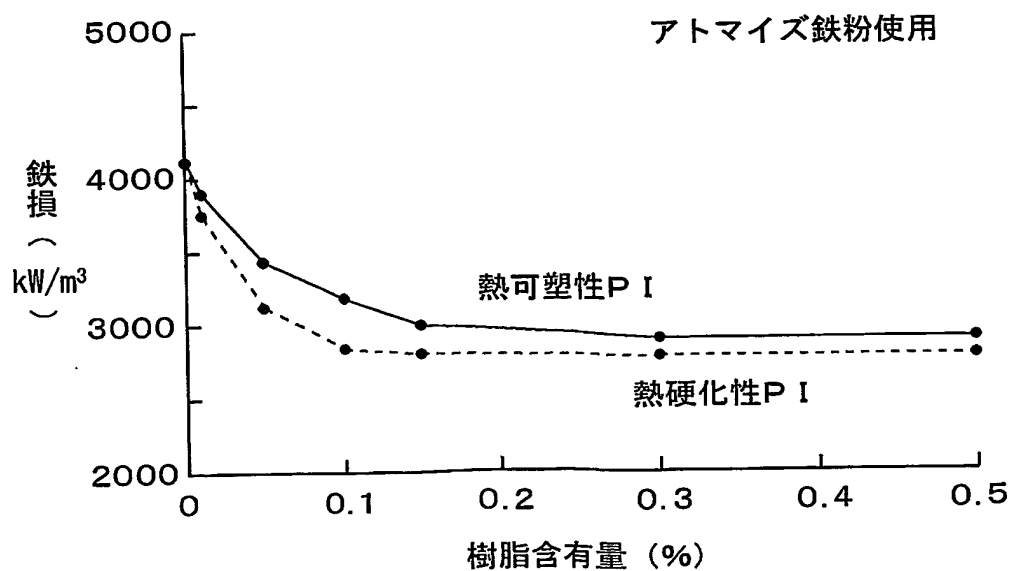


2/10

第 3 図

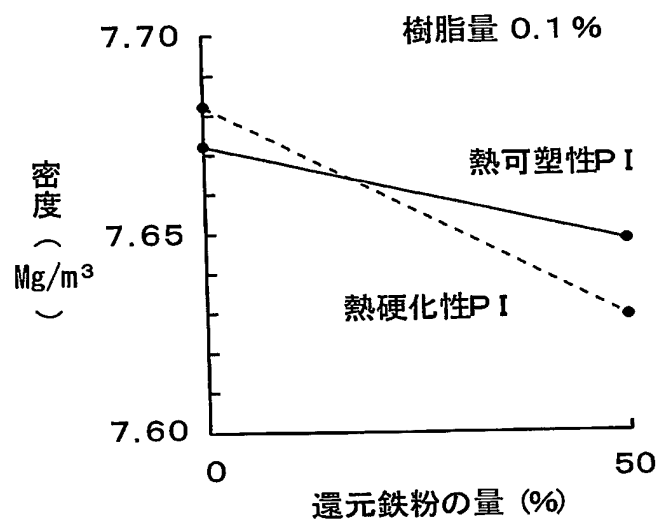


第 4 図

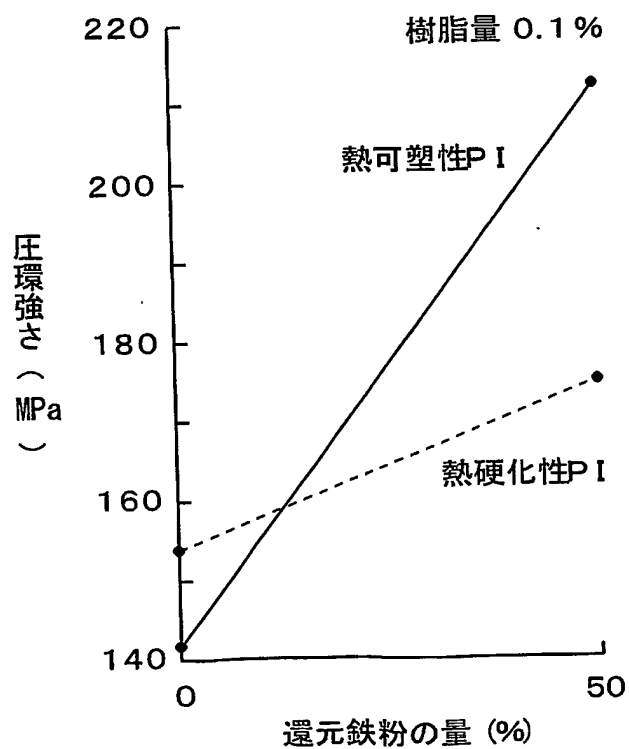


3/10

第 5 図

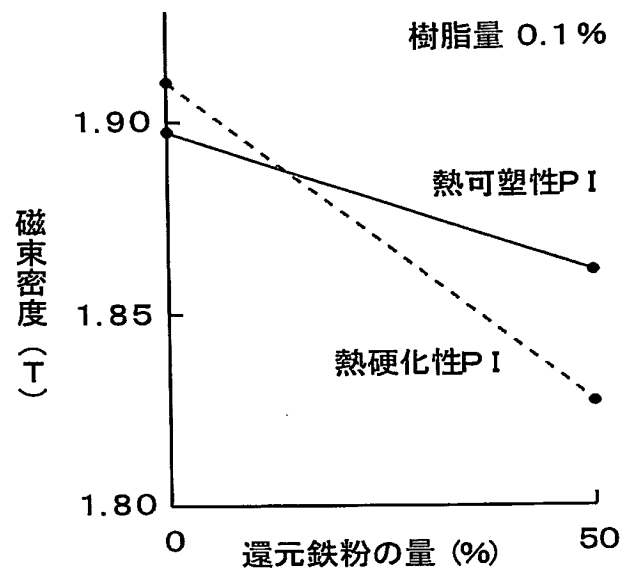


第 6 図

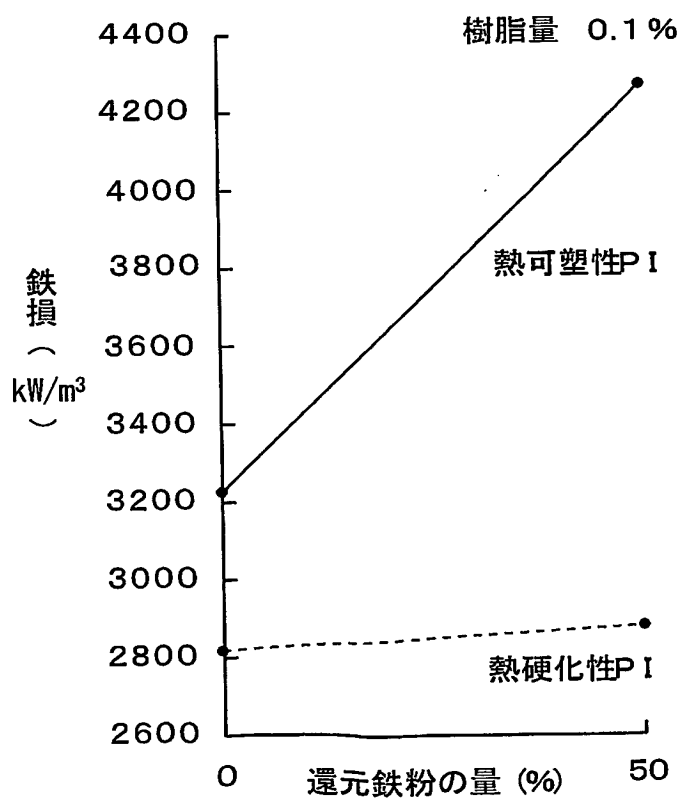


4/10

第 7 図

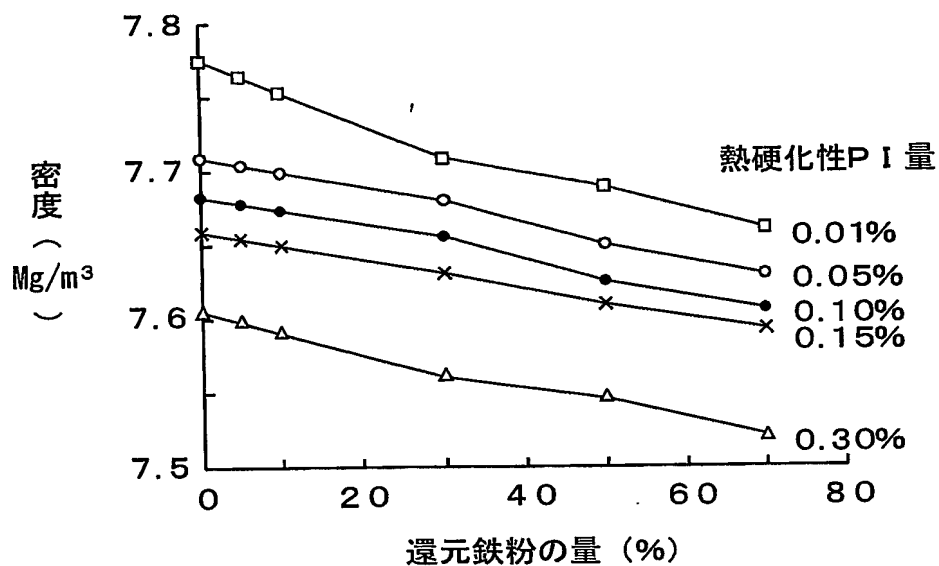


第 8 図

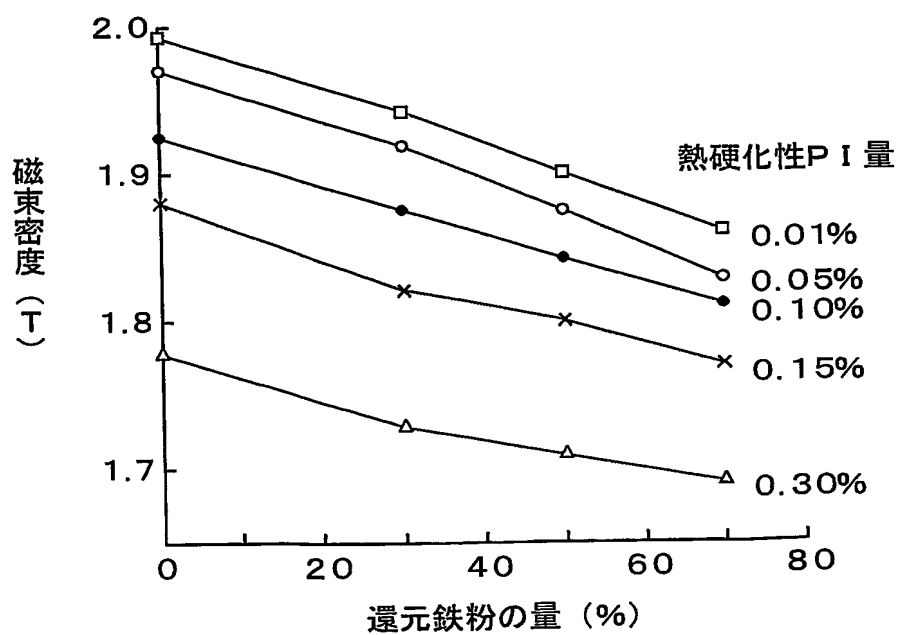


5/10

第 9 図

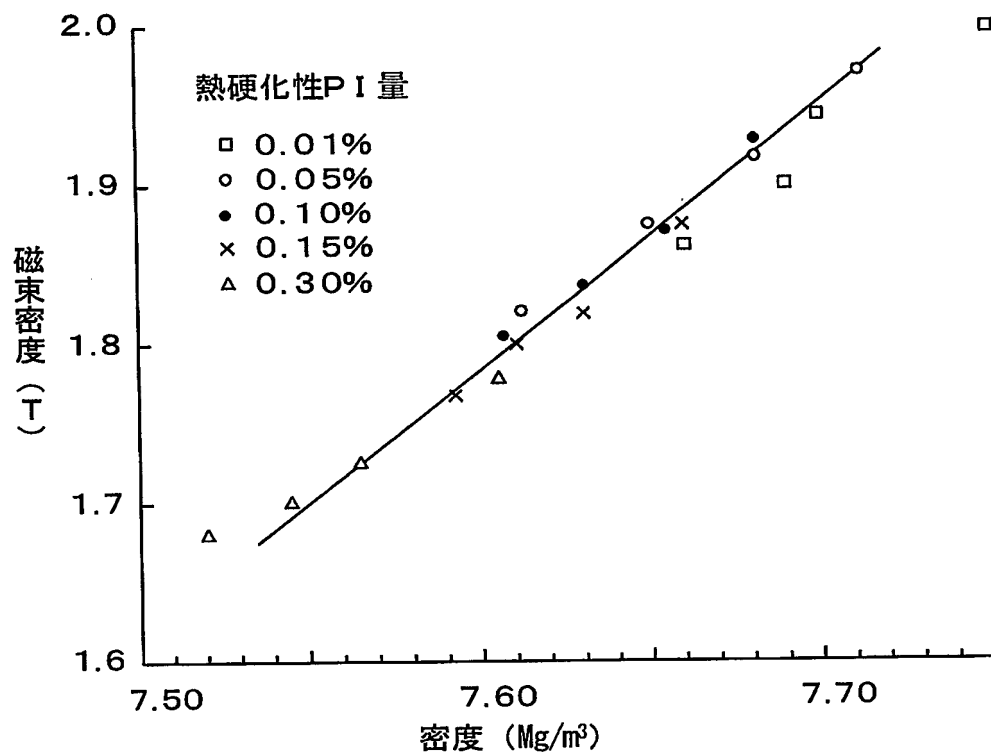


第 10 図

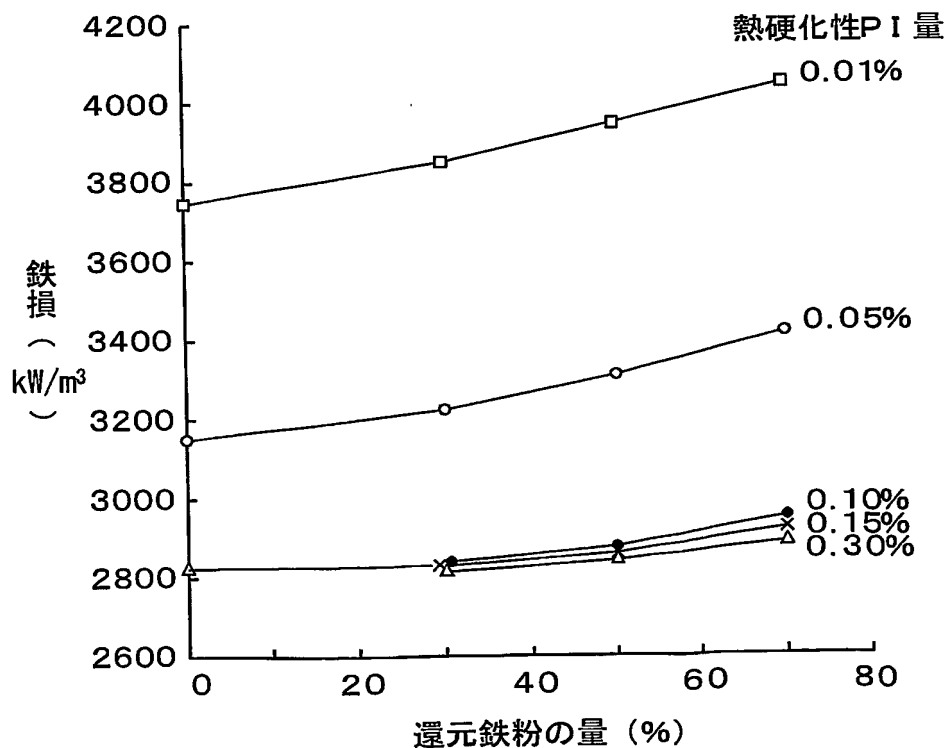


6/10

第 11 図

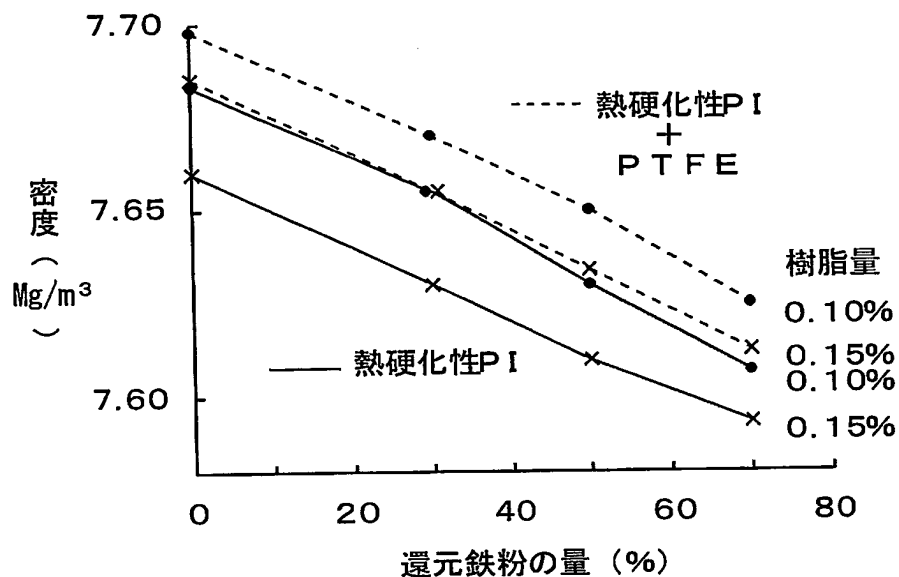


第 12 図

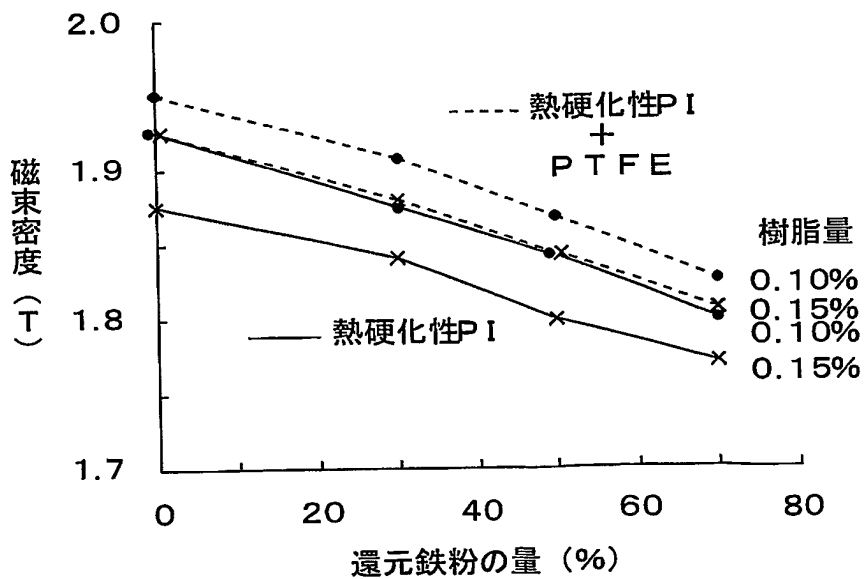


7/10

第 13 図

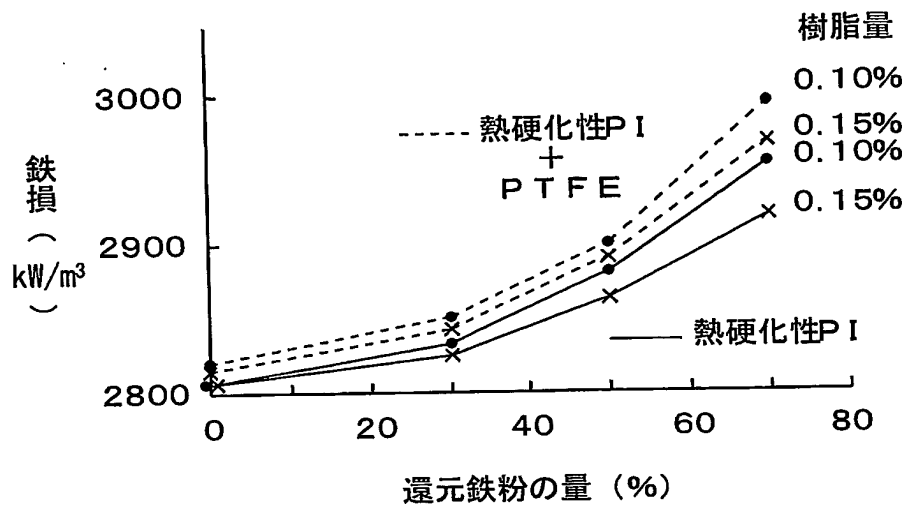


第 14 図

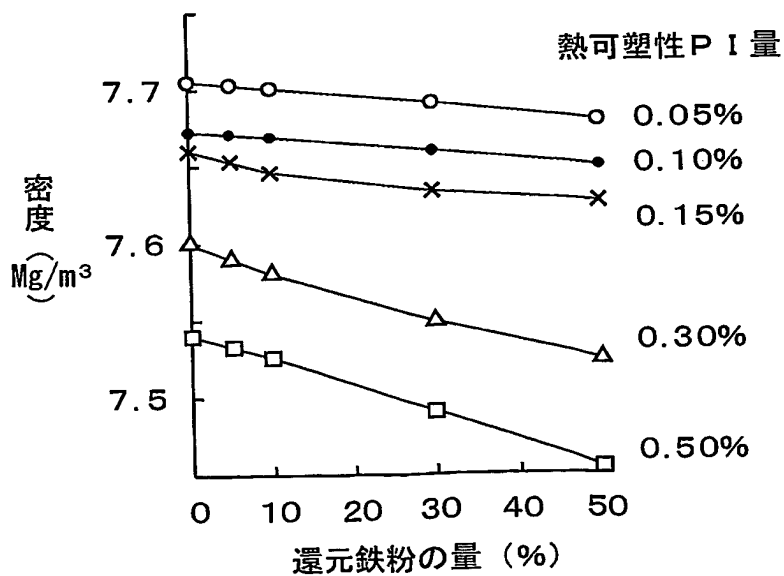


8/10

第 15 図

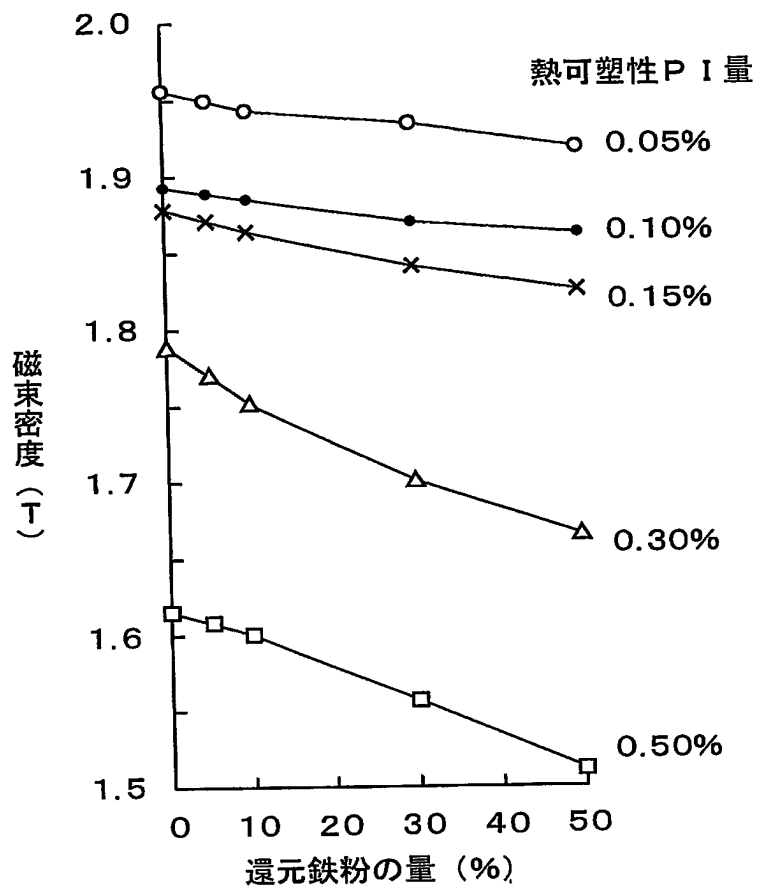


第 16 図

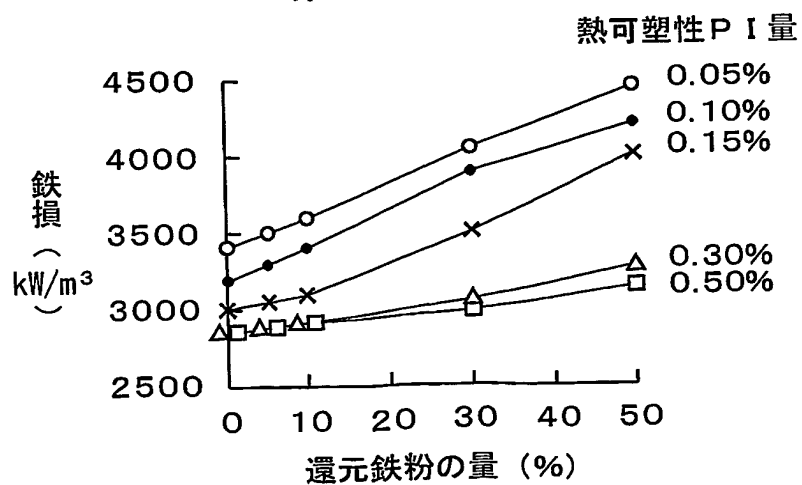


9/10

第 17 図

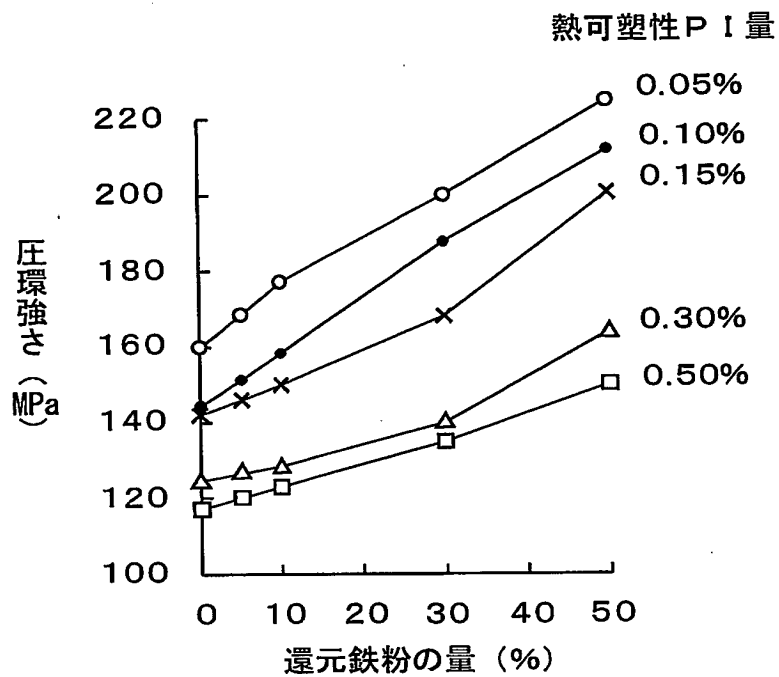


第 18 図



10/10

第 19 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/08730

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H01F1/26, H01F27/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H01F1/26, H01F27/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2003 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2003 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2003 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| Y | JP 2002-20801 A (Kawasaki Steel Corp.), 23 January, 2002 (23.01.02), Full text; Figs. 1 to 3 & EP 1179607 A & CN 1370645 A & US 2002/0029657 A1 | 1-6 |
| Y | JP 11-126721 A (Tokin Corp.), 11 May, 1999 (11.05.99), Full text; Fig. 1 (Family: none) | 1-3, 6 |
| Y | JP 7-6911 A (General Motors Corp.), 10 January, 1995 (10.01.95), Full text; Figs. 1 to 3 & EP 0619584 A & US 5589010 A & US 5595609 A | 1, 4-6 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26 August, 2003 (26.08.03)Date of mailing of the international search report
09 September, 2003 (09.09.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/08730

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| Y | JP 2000-36403 A (Seiko Epson Corp.), 02 February, 2000 (02.02.00), Full text & EP 1018753 A & CN 1274467 A & US 6387293 B1 & WO 00/05732 A | 1, 3, 5, 6 |
| Y | JP 2000-124019 A (Minebea Co., Ltd.), 28 April, 2000 (28.04.00), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none) | 6 |
| Y | JP 11-354359 A (Hitachi, Ltd.), 24 December, 1999 (24.12.99), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none) | 6 |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01F 1/26, H01F 27/24

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01F 1/26, H01F 27/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2003年

日本国登録実用新案公報 1994-2003年

日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| Y | J P 2002-20801 A (川崎製鉄株式会社) 2002. 01. 23, 全文, 第1-3図 & E P 1179607 A & C N 1370645 A & U S 2002/0029657 A1 | 1-6 |
| Y | J P 11-126721 A (株式会社トーキン) 1999. 05. 11, 全文, 第1図 (ファミリーなし) | 1-3, 6 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26. 08. 03

国際調査報告の発送日

09.09.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山田 正文

5 R

3142

電話番号 03-3581-1101 内線 3565

C (続き) . 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| Y | JP 7-6911 A (ゼネラル・モーターズ・コーポレーション) 1995. 01. 10, 全文, 第1-3図 & EP 0619584 A & US 5589010 A & US 5595609 A | 1, 4-6 |
| Y | JP 2000-36403 A (セイコーエプソン株式会社) 2000. 02. 02, 全文 & EP 1018753 A & CN 1274467 A & US 6387293 B1 & WO 00/05732 A | 1, 3, 5, 6 |
| Y | JP 2000-124019 A (ミネベア株式会社) 2000. 04. 28, 全文, 第1-7図 (ファミリーなし) | 6 |
| Y | JP 11-354359 A (株式会社日立製作所) 1999. 12. 24, 全文, 第1-7図 (ファミリーなし) | 6 |